水稻精準農業體系
水稻變率深層施肥機之研究
231-238, 2003

水稻變率深層施肥機之研究

謝禮丞[*1]、欒家敏[2]、謝廣文[1]、黃禮棟[3]
[1]國立中興大學生物產業機電工程學系
[2]建國技術學院機電光系統研究所
[3]行政院農業委員會農業試驗所農工組
E-mail: lchsieh@nchu.edu.tw

摘要 ---------- 232
一、前言 ---------- 232
二、方法簡述 ---------- 233
三、結果與討論 ---------- 234
四、結語 ---------- 237
五、誌謝 ---------- 237
六、引用文獻 ---------- 238
ABSTRACT ---------- 238

水稻變率深層施肥機之研究

謝禮丞[*1]、欒家敏[2]、謝廣文[1]、黃禮棟[3]
[1]國立中興大學生物產業機電工程學系
[2]建國技術學院機電光系統研究所
[3]行政院農業委員會農業試驗所農工組
E-mail: lchsieh@nchu.edu.tw

摘要

本研究係以水稻爲目標作物，利用水稻插秧機做變率施肥之主體，同時採用深層施肥之方式。機械深層施肥較人工施肥可節省肥料用量約 40%，減少施肥 2－3 次，具有提高產量之潛力。本研究旨在研製一深層施肥裝置附掛在久保田 SPA85 乘坐式插秧機上，同時依土壤肥力做變率施肥，使其能達插秧與施肥同步進行。本施肥機採用台肥 5 號複合肥料，而機械施肥之施肥量約爲作物施肥手冊推薦量之 60%。本年研究係延續上年度成果，將全球衛星定位系統與變率施肥機做一結合，完成部份面板設計與程式撰寫，並繼續改良雛型機之缺點，增加一隔草板與改良肥料刮除板。

關鍵詞：水稻、全球衛星定位系統、深層施肥機、可變率技術。

一、前言

施肥技術之發展、品種之改良與灌溉設施之普及被稱爲近年來世界綠色革命之三大支柱。作物經以肥料的施用補充土壤養分之不足，或應用施肥方法使土壤中之養分供給狀態有利其收穫物生產或品質之提高，係由長年探索養分資源之運用(肥料學)、養分之土壤分佈(土壤學)、養分在土壤中之行動(土壤化學和土壤肥力論)和作物生理上之養分需求(作物營養學)所發展之技術。連(2001)指出土壤中缺少某種要素(土壤中最易缺乏氮、磷、鉀三要素)而施肥時，作物的生長量隨施肥量之增加而遞減(報酬遞減率)。

由於政府肥料價格穩定政策，農民一直享受比較低廉價格的肥料。另由於人工之缺乏和工資之上漲，農民爲求確保產量常偏好施用重肥，而施肥方式則趨於粗放。Reichenberger (1985)指出過量施肥結果，將造成 10%作物生產成本的增加。而政府的肥料補貼政策，臺灣農民之肥料成本/總成本比率已自 1956 年之 25.7% 降至 1976～1985 年之 8.4%。反之，其工資成本比率卻自 1956 年之 41%增至 1981～1985 年之 57% (連，2001)。但是，依據民國 85 年期臺灣農產品生產成本調查報告，得知以水稻進行肥培作業時，如將第一、二期作之蓬萊稻及在來稻加總平均，則肥料費用每公頃爲 5,696 元，約佔直接生產費用之 7.0%。依

據民國 90 年 8 月臺灣農產物價與成本月報，得知以水稻第一、二期作之蓬萊稻及在來稻加總平均，則肥料費用每公頃爲 6511 元，約佔直接生產費用之 7.7%，在這 5 年其間肥料費增加 14%。由於頗爲耗工之施肥工資尚未包括在內，顯示出肥料和人工作業佔生產成本有逐年增加之趨勢。近年來農民爲追求較高收量，對於化學肥料之施用量仍是有增無減。而過量營養元素進入地下水體或因逕流、沖蝕、排水而進入河川、湖泊等地面水體，易造成水污染及優養化。同時政府爲配合肥料產銷自由化政策之推動及加入世界貿易組織(WTO)因素，決定至民國 91 年取消肥料補貼政策，屆時農民水稻耕種成本將會增加。

爲減少農民在農業成本上之支出及符合世界農業之潮流，實施精準農業(precision agriculture)乃可行策略之一。其中，針對土壤做肥力的精準管理，屬於精準農業的主要項目。Pierce and Nowak (1999)對於土壤肥力精準管理的觀念提供如後：田區內之土壤肥力存在空間的變異(spatial variability)，此變異可以被正確的辨認，同時，對此一變異可有合理的解釋，也就是說會影響到作物的產量、品質或生態環境。

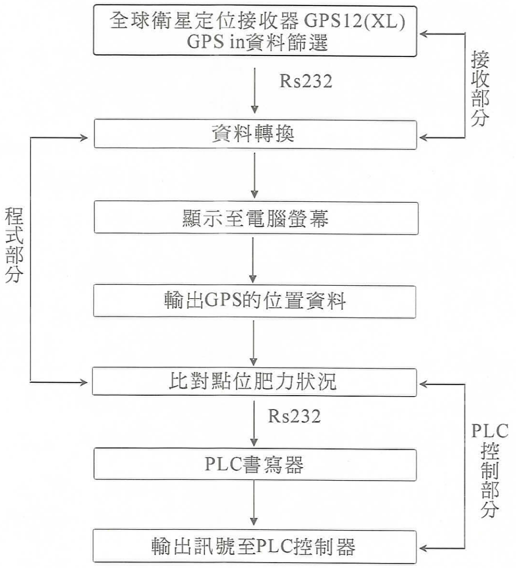
欲了解田區土壤養分變異，土壤取樣爲重要步驟之一，林等(2000)指出土壤取樣策略概分爲傳統混合取樣(traditional composite sampling)、基標土壤取樣(benchmark soil sampling)、方格法土壤取樣(grid sampling)、地景導向土壤取樣(landscape directed soil sampling)等。由取樣的土壤分析後得到的結果，經過 GPS 的定位與施肥機械的配合作業，可以進行田間的變率施肥。水稻變率深層機械施肥是依土壤之肥力狀況經計算施肥量，再加以深層施肥(8-10 cm)。水稻深層施肥在先進國家，如日本，已廣泛被稻農採用。在工商業快速發展導致人們降低從事農業生產意願，以及農村人口老化和國外進口農產品競爭之下，爲節省施肥勞力與減少施肥量以降低生產成本，減少過度施肥對環境的傷害、水質的污染及增加生產量(王等，1992)，發展水稻變率及深層施肥機械是値得採行的方法。

全球定位系統這項技術對於機電整合與無人操作自動化的農機有很大的助益，在未來農機發展必定占有十分重要的角色。本研究據此想藉由此一技術改良周(2002)研製的水稻變率施肥機，並配合土壤肥力狀態做可變率之施肥動作，期以達到水稻施肥機械化及精準化之目的。本研究方向爲利用現有的標準電腦配合作業系統與衛星定位接收器，以提供使用者擷取所在點位之資訊。而使用者可利用系統中所提供的系統資源進行處理與運算，了解現在點位與肥料施給量，再透過標準輸出介面控制 PLC 的作動。最後，藉由若干次實際田間操作的經驗與成果，改善現階段所發現的缺點。

二、方法簡述

本研究結合全球定位系統與變率施肥機，目前設定目標之流程如圖 1 所示。首先，係將衛星定位接收器與筆記型電腦連接，透過 RS232 的傳輸線作爲 NMEA0183 通訊協定的介質，再撰寫 Visual Basic 程式，設計出一面板與程式主體，以讓使用者能了解目前的所有訊息。本程式設計面板如圖 2 所示，此面板尙屬雛型，將來還會再加上其他功能選項，以建立更爲人性化的使用者介面。

本研究使用的材料爲：GARMIN GPS12(XL)接收機、IBM ThinkPad 筆記型電腦、PLC 書寫器、可變率深層施肥機及 Visual Basic 程式。



控制肥量量的輸出多寡

圖 1. 衛星定位與變率施肥結合之流程圖。

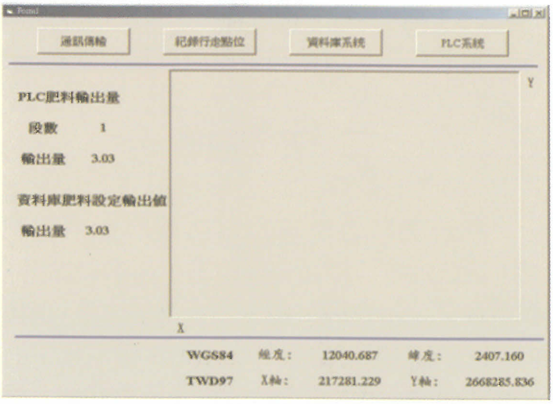


圖 2. 衛星定位與變率施肥整合之使用者介面。

離型機之機構改良部份分成兩部份進行，隔草板與肥料刮板。水稻收割時會留下切斷的稻桿於田中，讓其自然分解。但是因為時間間隔不足，往往稻桿還未分解完成就要再次插秧。開溝器在開溝的同時稻株也會附著於上面，所以前幾次實驗都發生開溝器纏草的情形，當纏草太多時會讓肥料便無法落於溝中而是落在稻桿之上，而沒達到深層施肥的功能，故這改良便是針對纏草現象做改進。

在插秧機上方觀看插秧帶動施肥動作時，發現使用一年後，因為離型機之製作並不是十分精細，施肥爪與施肥輪間的阻塞情況較全新時期嚴重，得經常下來清理。當時就紀錄了這項問題，之後推斷出是複合肥料粉末化的問題，當施肥爪轉動時與刮板接觸，由於施肥爪與刮板有間隙，轉動時部份粒狀進入間隙因而被壓碎造成粉末，粉末流進傳動軸造成摩擦阻力。當累積到一定量時便會使傳動軸的傳輸動力下降無法完全作動設定的行程，而造成施肥量的不足，因此改良一肥料刮板改善此一現象實屬必要。

三、結果與討論

初步完成衛星定位與變率施肥機之使用者介面，其主要要功能敘述於后：

1.通訊傳輸

此選項的功能包含了點位資料的傳輸與座標的轉換，點下此選項後能將全球衛星定位接收器(GPS 接收器)傳輸至電腦的訊號篩選，篩選出本程式所需要的相關資料，再透過公式的轉換將經緯度轉換成國家座標系統的投影單位，其顯示如圖 3 所示。

關於本研究的相關設定與接收器的使用如下:

(1)全球衛星定位接收器的為 GARMIN GPS12(XL)接收機，接收器的最小單位為 0.001 分，換算成臺灣地圖單位後，在東西方向約為 1.84 m，南北方向約為 1.69 m，若數值增大代表向東方偏移或向北方偏移。

(2)傳輸協定：以 NMEA-0183 的標準規格來傳輸訊號，NMEA-0183 是以傳輸句子的方式傳輸資料。

(3)國家座標系統：臺灣大地基準(TWD)，內政部於民國 87 年公佈新座標系統

爲 TWD97，參考橢球體爲 IUGG 於 1980 年所公佈的參考橢球體，採用二度分帶橫麥卡脫投影(UTM)。

(4)橫麥卡脫投影(Mercator):在微小面積內方向與實地相似等形投影。

(5)地圖投影：乃將地球橢球體上之地形描繪至平面上之投影。臺灣地區位處中緯度，幅員呈南北狹長性，故我國採用的是二度分帶橫向麥卡脫投影法。橫麥卡托投影座標基本單位爲公尺非經緯度，GPS 接收機所接收的訊息乃經緯度座標，故要將接收下的點位套用到國家所繪製的地圖時，需經過座標的轉換才將 GPS 接收器收到訊號的座標成功的轉換到平面座標。

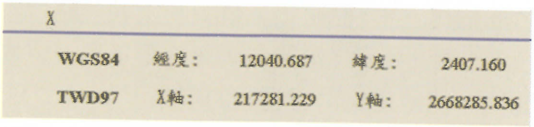


圖 3. 通訊傳輸狀態。

2.紀錄行走點位

選項功能爲紀錄變率施肥機所形走過的的點位及時間與肥料的輸出段數，以利將來追蹤與紀錄田區的狀況。目前所作完成的部分有紀錄格林時間、經度、緯度、UTM-X、UTM-Y。將來做到 PLC 部分後會再加上段數的紀錄。

3.資料庫系統

選項功能是與分析過土地肥力狀況的資料庫系統座連接，選擇資料庫的來源，並比對現在點位與資料庫系統中該點位所需要的肥量並與 PLC 控制系統作連結。

4.PLC 系統

當與資料庫系統連結後，能依資料庫系統所發送出的訊號比對肥料輸出的段數是否正確，以達到自動變率的效果。正在建構中。

施肥機所使用之可程式控制器(PLC)爲三菱 FX1N-24 機型，有 14 個輸入點及 10 個輸出點。目前已經設定六段施肥量，可以自動與手動變率。而雛型機使用伺服馬達加減速機帶動施肥爪位移，以改變施肥量。而伺服控制系統包括有伺服驅動器及伺服馬達。

改良之隔草板由不鏽鋼製成設計，如圖 4 所示，這是設計在插秧機浮船前方的機構。在稻桿纏住開溝器前就先將其攔下，當插秧機要迴轉時會將插植機構舉升起來，稻桿便自然的落下不會纏在隔草板之上。

新的刮板改採用鋼片爲刮板，利用分力的原理將設定肥料量以外的肥了刮開且並不會造成粒狀的粉化，如圖 5 所示。

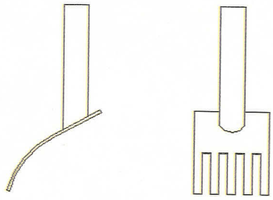


圖 4. 隔草板。

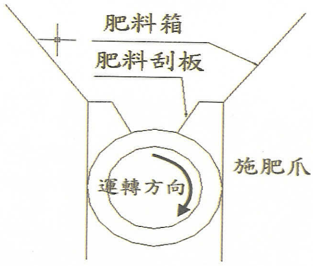


圖 5. 肥料刮板。

在民國 91 年的兩期稻作試驗結果，最大誤差量約 10%(第一期)，整體平均誤差少於 3%，但是因爲有纏草問題，實際施入田中的量與機器出來的量會有些許落差。今年度的第一期稻作，因爲雛型機在修改中，插秧前方才概約重組上場，誤差較去年大許多(表 1)，但是原因均能掌握，因此可以針對問題作調整再進行二期稻作的試驗。

發生數據誤差量之大的原因，便是這次改良的肥料刮板的探討源。

央苗後第一個月，施肥量多的田區稻作的生長的較爲密實，以 N45 與不施肥對照爲例，如圖 6 所示，顏色上無深淺的情形發生。

(2)78 號試驗田於 4 月 26 日之紀錄：插下秧苗後第二個月，從每塊田區的觀察沒有發現缺肥的現象，稻作的高度與顏色有明顯的區分，並依施下肥料量而有一定的變化，肥料量多的稻作長的高、顏色愈深。高度差的部分最明顯的不分在 N45 與不施肥的田塊，顏色則是施肥段數都有有明顯的分別，如圖 7、8 所示。

圖 6. 秧苗生長的差異。

圖 7. 稻作高低差。

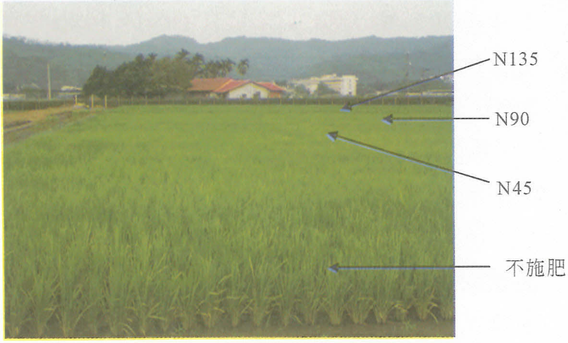


圖 8. 426 顏色分布。

(3)78 號試驗田於 6 月 24 日之紀錄：插下秧苗後第四個月，稻作以近收割時期，稻作的高度落差很大，最高的與最低的差距到達 25 公分以上。在成熟度方面，未施肥的金黃色的稻穗下垂，而施肥量最大的田區還略帶青色，如圖 9 所示。結穗方面與施肥量有一定的關係，但是這比例有趨緩的現象。

圖 9. 6/24 N135 田區。

表 1. 92 年一期稻作施肥紀錄表。

田號	43B	43C	43D◎	39A★	39B	39D■	78B	78C◆	78D
總株數	21328	21804	20596	21528	21614	20920	17628	17176	15820
施肥點數	10664	10902	10298	10764	10807	10460	8814	8588	8588
單點施肥量(g)	6.06	3.03	9.09	3.03	9.09	6.06	3.03	6.06	9.09
理論總施肥量	64623.84	33033.06	93608.82	32614.92	98235.63	63387.6	26706.42	52043.28	78064.92
實際總施肥量	52800	29900	72600	28000	86600	56200	19300	47000	76070
誤差重量	11823.84	3133.06	21008.82	4614.92	11635.63	7187.6	7406.42	5043.28	-1994.92
誤差百分比 %	-18.30	-9.48	-22.44	-14.15	-11.84	-11.34	-27.73	-9.69	-2.56

◎第四桶有阻塞，並在承接時，漏掉許多，故僅供參考

★ 第三桶有阻塞現象 第三桶有阻塞現象 第三桶有延遲現象

四、結語

本研究係以水稻為目標作物，利用水稻插秧機做變率施肥之主體，同時採用深層施肥之方式。機械深層施肥較人工施肥可節省肥料用量約40%，減少施肥2－3次，提高產量。本研究旨在研製一深層施肥裝置附掛在久保田SPA85乘坐式插秧機上，同時依土壤肥力做變率施肥，使其能達插秧與施肥同步進行。本施肥機採用台肥5號複合肥料，而機械施肥之施肥量約為作物施肥手冊推薦量之60%。本年研究係延續上年度成果，將全球衛星定位系統與變率施肥機做一結合，完成部份面板設計與程式纂寫，並繼續改良雛型機之缺點，增加一隔草板與改良肥料刮除板。

五、誌謝

本項研究承蒙行政院農業委員會(89遙測-4.1-糧-41(5), 90 農科-4.1.1-農-C2(2))及農委會農業試驗所 (91 農科-5.1.3-農-C2(C2), 92 農科-1.1.6-農-C1(C2))經費支持，謹藉以表示由衷感謝。

六、引用文獻

王明茂。1990。動力插秧機附掛施肥器之研究改良(一)。中國農工學報 36(4)：109-115。

王明茂。1994。水稻插秧兼深層施肥機之改良與示範。高雄區農業改良研究彙報 6(1)：53-68。

王明茂、洪阿田、章正忠、鐘慶龍。1992。動力插秧機附掛施肥器之改良與示範。p 205-211。八十一年農機研究發展與示範推廣報告。

王明茂、葉俊賢。1997。動力插秧機附掛施肥器之研究改良(三)。高雄區農業改良研究彙報 9(1)：60-71。

林木連，郭鴻裕，黃維廷，張明暉。2000。土壤變異之精準管理。p. 54-64。水稻精準農業(耕)體系之研究。楊純明、林俊義，主編。行政院農委會農試所，臺中縣。

連深。2001。我們的水田該減肥了。http://www.tari.gov.tw。

Pierce, F. J. and P. Nowak. 1999. Aspects of Precision Agriculture. Adv. in Agron. 67:1-85.

Radite, P. A. S., M. Umeda, M. Iida and M. Khilael. 2000. Variable Rate Fertilizer Applicator for Paddy Field. ASAE Paper No. 001156. St. Joseph, MI. U.S.A.

Reichenberger, L. 1985. The billion-dollar blunder. Spraying Systems Co. Wheaton, IL 60188, USA.

Yanai, J., C. K. Lee, M. Umeda and T. Kosaki. 2000. Spatial variability of soil chemical properties in the Paddy field. Soil Sci. Plant Nutr. 46(2)：473-482

Study on A Variable Rate Fertilizing System Using Underground Application for the Paddy Field

Li-Cheng Hsieh[1], Jar-Miin Luan[2], Kung-Wen Hsieh[1] and Li-Don Hwang[3]

[1]Deptartment of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC

[2]Institute of Mechatronoptic Systems, Chien Kuo Institute of Technology, Chang-Hua, Taiwan, ROC

[3]Division of Agricultural Engineering, Agricultural Research Institution, COA, Tiachung, Taiwan, ROC

E-mail: lchsieh@nchu.edu.tw

ABSTRACT

Rice is the target plant for the research and a rice transplanter was used as a variable rate machine to carry and apply variable amounts of fertilizer in the field. A machine driven underground applying skill was used and it could reduce 40% fertilizer application comparing with manual application. The applying times could be down 2 to 3 times as well, yet increased the yield. Therefore, a device for applying fertilizer underground was developed attaching to a Kubota SPA85 rice transplanter. A local composite fertilizer, Tai-Fei #5 (Taiwan Fertilizer Company, Kaohsiung, Taiwan), was used in the research. The amount of fertilizer applied was about 60% of the recommended dose from Taiwan Agricultural Research Institute. The research for this year continued to modify the prototype of variable rate fertilizer application system, connected GPS to the variable rate fertilizer application system partially. In addition, there was a separator attached to the system to avoid the residue of rice stroke surrounding the opener. A scrapper was designed and was added under the fertilizer tank to avoid the fertilizer jam as well.

Key words: Rice (*Oryza sativa* L.), Global Positioning System (GPS), Underground fertilizer application, Variable Rate Technologies (VRT).